



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 42 770 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
H 01 L 23/48
H 01 L 25/07

⑳1 Aktenzeichen: 199 42 770.4
⑳2 Anmeldetag: 8. 9. 1999
⑳3 Offenlegungstag: 15. 3. 2001

DE 199 42 770 A 1

⑦1 Anmelder:
IXYS Semiconductor GmbH, 68623 Lampertheim,
DE

⑦4 Vertreter:
Luderschmidt, Schüler & Partner, 65189 Wiesbaden

⑦2 Erfinder:
Leukel, Bernt, Dipl.-Ing. (FH), 69502 Hemsbach, DE;
Lindemann, Andreas, Dr.-Ing., 68623 Lampertheim,
DE

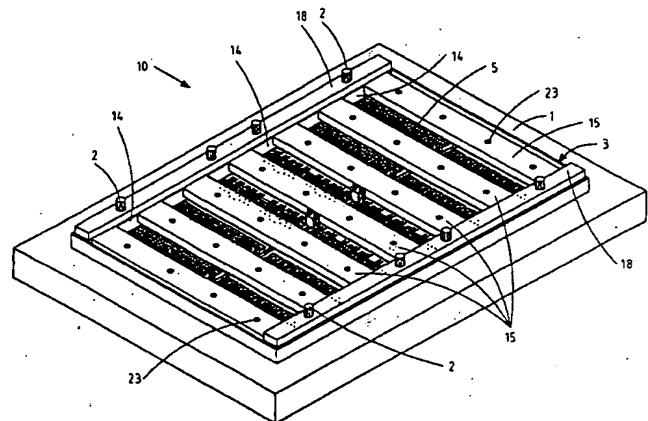
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	195 29 237 C1
DE	41 11 247 C2
DE	197 32 738 A1
DE	196 30 173 A1
DE	35 08 456 A1
US	57 51 058

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 **Leistungshalbleiter-Modul**

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleiter-Modul (10) mit einer Grundplatte (1), auf der mindestens ein mit Leistungshalbleiter-Chips (11, 12) bestücktes Substrat (13) angeordnet ist, das über Druckelemente und Kontaktschnüre (17) an die Grundplatte (1) andrückbar ist. Die Grundplatte (1) weist Zentrierelemente auf, auf denen ein Felder (7) definierender gitterförmiger Rahmen (3) vorgesehen ist, wobei in mindestens einem Teil der Felder (7) korrespondierende Substrate (13) mit Leistungshalbleiter-Chips angeordnet sind, die über Kontaktschienen (15) kontaktierbar sind.



DE 199 42 770 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Leistungshalbleiter-Modul mit einer Grundplatte, auf der mindestens ein mit Leistungshalbleiter-Chips bestücktes Substrat angeordnet ist, das über Druckelemente an die Grundplatte andrückbar ist.

Bei der Herstellung von Leistungshalbleiter-Modulen ist es in der Regel erforderlich, die Leistungshalbleiter oder Leistungshalbleiter-Chips vom Grund- oder Kühlkörper, der der Wärmeabfuhr dient, elektrisch zu isolieren; hierzu finden weithin keramische Isolatoren in Scheibenform mit metallisierter Oberfläche, z. B. Direct-Copper-Bonding (DCB)-Substrate, Anwendung, auf deren einer Oberfläche im wesentlichen die Leistungshalbleiter-Chips angeordnet sind, während die andere Oberfläche thermisch an den Kühlkörper angekoppelt wird. Die von leistungsstärkeren Anwendungen benötigten Stromtragfähigkeiten der Leistungsschalter werden normalerweise durch Parallelschaltung einzelner Leistungshalbleiter-Chips zu einem Leistungsschalter erreicht. Zusätzlich können mehrere Leistungsschalter in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht werden, was den Aufbau montage technisch durch Verminderung der Anzahl der Bauteile vereinfacht, wie beispielsweise angesichts einer dreiphasigen Brückenschaltung für dreiphasige Gleich- oder Wechselrichtung deutlich wird, die anstatt aus bis zu sechs steuerbaren und sechs nicht steuerbaren Leistungsschaltern in der Ausführung als Einzelbauelemente so aus lediglich einem einzigen Bauelement bestehen kann. Beispiele für Leistungshalbleitermodule sind vielfach bekannt, vgl. z. B. EP-A-0 265 833, EP 0 277 546 B1.

Es sind verschiedene Methoden bekannt, solche Leistungshalbleiter-Module aufzubauen.

Bezüglich elektrischer Verbindung zu den Anschlüssen werden beispielsweise auf das DCB-Substrat aufgelötete leitende Verbinder, insbesondere Laschen, auf das DCB-Substrat aufgepreßte leitende Verbinder, insbesondere Druckkontakte, und in einem zusätzlichen Isolator, z. B. einem Gehäuserahmen, befindliche leitende Verbinder verwendet, zu denen die elektrische Verbindung beispielsweise durch Drahtbonden hergestellt wird, was eine diesem Prozeß vorausgehende Montage des Isolators voraussetzt.

Hinsichtlich der thermischen Ankopplung an das Kühlmedium – typischerweise über die Unterseite des Bauelements – bildet bei einem Modul mit DCB-Boden – vgl. DE 35 21 572 A1 – die nicht von den Chips belegte Oberfläche der DCB-Keramik die Unterseite des Bauelements. Die thermische Kopplung wird in der Regel durch Anpressen an einen typischerweise metallischen Kühlkörper hergestellt, dem von einem Kühlmedium, wie Luft oder Kühlflüssigkeit, Wärme entzogen wird, wobei die Grenzfläche zwischen DCB-Boden und Kühlkörper vorteilhafterweise mit einer Zwischenlage aus einem thermisch verbindenden Medium, z. B. Wärmeleitpaste, zu versehen ist.

Bei einem Modul mit Bodenplatte wird die nicht von den Chips belegte Oberfläche der DCB-Keramik mit einer in der Regel aus einem Metall oder Verbundwerkstoff bestehenden Bodenplatte thermisch gekoppelt; die Kopplung kann durch Anpressen – vgl. DE 41 31 200 C2, DE 41 11 247 C2 und DE 41 22 428 C2 typischerweise wiederum unter Verwendung eines thermisch verbindenden Mediums, z. B. Wärmeleitpaste, durch Anlöten – vgl. DE 43 38 107 C1 – oder durch andere schlüssige Verbindungen, letztere insbesondere bei Bodenplatten aus Verbundwerkstoffen, hergestellt werden. Die Bodenplatte ihrerseits wird dann gekühlt, was beispielsweise geschehen kann durch Anpressen an einen Kühlkörper oder durch Anströmen mit einem Kühlmedium, wie Luft oder Kühlflüssigkeit, unter der Voraussetzung einer

geeigneten geometrischen Gestaltung.

Dieser Stand der Technik ist mit einer Reihe von Nachteilen wie folgt behaftet:

Leistungshalbleiter-Module dienten ursprünglich, wie oben ausgeführt, der Erhöhung des Integrationsgrades leistungselektronischer Schaltungsanordnungen. Verfolgt man dieses Ziel weiter, so wird es erforderlich, Leistungselektronik zusammen mit peripheren Funktionen wie Ansteuerung, Zwischenkreiskondensatoren u. ä. in ein verbraucherndes Steuergerät zu integrieren: Für einen Einzelradantrieb mit einem Drehstrommotor könnte ein solches Steuergerät beispielsweise in der Form an das Motorgehäuse angelehnt werden, das gleiche Kühlmedium wie der Motor nützen und als elektrische Schnittstellen eine Gleichspannungs-Einspeisung sowie einen bidirektionalen Bus zur Informationsübertragung aufweisen. Leistungshalbleitermodule nach dem Stand der Technik in den beschriebenen Ausführungsformen widersetzen sich solcher höheren Integration insofern, als sie als abgeschlossene Einheiten mit eigenem Gehäuse ausgeführt sind, welche aufgrund von Anforderungen wie mechanischer Stabilität mehr Volumen einnimmt, als bei höherer Integration erforderlich wäre; diese Tatsache ist sowohl unter den Gesichtspunkten von Kosten und Raumökonomie wie auch hinsichtlich des elektrischen Verhaltens, u. a. beeinflusst durch parasitäre Zuleitungsinduktivitäten, von Nachteil; auch wird die Zugänglichkeit beispielsweise zu den im Leistungshalbleiter-Modul vorhandenen elektrischen Potentialen durch das Gehäuse erschwert, was einen nicht unerheblichen konstruktiven Aufwand zum Anschluß des Moduls erforderlich machen kann.

Die Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindungen, insbesondere bei gelöteten Anschlüssen nach außen, kann durch thermische Ermüdung zu wünschen übrig lassen. Man bemüht sich, dieser Tatsache durch geeignete Gestaltung der Anschlüsse, z. B. mit Dehnungsbögen, oder spezielle Lötverfahren – vgl. z. B. DD 283 236 A5 – entgegenzuwirken. Werden die elektrischen Verbindungen hingegen über Druckkontakte mit metallischen Federn hergestellt, so können diese unter durch die Verlustwärme der umgebenden Halbleiter-Chips entstehenden Hitze einwirkung weich, d. h. verstärkt plastisch verformbar werden, so daß der Andruck der Substrate nachlassen wird. Weiterhin weisen durch ihre Härte mechanisch günstigere metallische Legierungen oft einen höheren elektrischen Widerstand als auf gutes Leistungsverhalten optimierte Materialien auf Kontaktfedern, die diese Nachteile vermeiden, sind durch ihre besondere stoffliche Zusammensetzung meist teuer, daher wenig wirtschaftlich einzusetzen. In jedem Falle besteht die Gefahr, daß die Enden der Kontaktfedern bzw. die diesen gegenüberliegenden Kontaktflächen durch Kratzbewegungen bei thermisch bedingter Arbeit des Aufbaus verschlissen werden.

Die Sicherstellung des Wärmeübergangs ist mit Schwierigkeiten verbunden, konstruktiv aufwendig und häufig nicht über die erforderliche Lebensdauer des Leistungshalbleiter-Moduls gewährleistet: Beschreibung von Schwachstellen sowie Lösungsvorschläge finden sich z. B. in DE 39 40 933 – Nachbiegen der belöteten Bodenplatte –, DE 43 38 107 C1 – Formgebung für Bodenplatte –, DE 197 07 514 A1 – Einführung von Sollbiegestellen in die Bodenplatte – DE 35 08 456 A1 – Andrückvorrichtung für das Substrat mittels Justierschrauben und Zwischenstücken – oder DE 41 31 200 C2 – Ausübung des Druckes durch Federelemente, was eine Justierung erforderlich machen kann.

Nach dem Stand der Technik im Druckkontakt-Verfahren aufgebaute Leistungshalbleiter-Module zeichnen sich häufig durch aufwendige Konstruktionen aus: So wird in DE 41 31 200 C2 ein Aufbau mit einem speziell gestalteten

Brückenelement beschrieben. Man erkennt, daß eine solche Konstruktion auf spezielle Schaltungen zugeschnitten sein muß; Schaltungsänderungen führen zu Werkzeugkosten bei entsprechenden Lieferzeiten, was sich angesichts steigender Anforderungen an Preise und Lieferzeiten auch für neue applikationsspezifische Leistungshalbleiter-Module nachteilig auswirkt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht somit darin, ein Leistungshalbleiter-Modul der eingangs genannten Art zu schaffen, dessen Aufbau anwendungsabhängig auf die wesentlichen Teile reduziert ist und dessen Integrierbarkeit in ein Peripheriegerät, beispielsweise ein Steuergerät, dennoch gefördert wird. Hierbei sollen größtmögliche Raumökonomie sowie optimale Zugänglichkeit der elektrischen Potentiale sowie thermische Beständigkeit der Anschlüsse gewährleistet sein. Darüber hinaus soll das zu schaffende Modul durch einfache Fertigungsprozesse und -teile wirtschaftlich herstellbar sein sowie durch Rückgriff auf Standardkomponenten noch zusätzlich höhere Flexibilität für anwendungsspezifische Anpassungen bieten.

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die Druckelemente elastische und leitfähige Kontaktschnüre aufweisen, welche zwischen Kontaktschienen und den Substraten angeordnet sind.

Die Kontaktschnüre werden durch Niederhalten relativ starker Druckelemente sowohl gegen diese als auch gegen die auf der gegenüberliegenden Seite der Kontaktschnüre angeordneten Metallisierungen der Substrate gedrückt. Auf diese Weise wird eine zuverlässige dauerstandfeste elektrische Verbindung zwischen den Metallisierungen der Substrate, mit denen die Halbleiter-Chips elektrisch verbunden sind, und den Druckelementen über die Kontaktschnüre erreicht; außerdem drücken die Kontaktschnüre die Substrate gegen die auf deren entgegengesetzter Seite befindliche Grundplatte, so daß ein günstiger Wärmeübergang zwischen den Substraten mit den zu kühlenden Halbleiter-Chips und der gekühlten Grundplatte erreicht wird. Vorzugsweise sind gemäß der Erfindung die Kontaktschnüre hierbei mit einem elastischen Kern und einer elektrisch leitfähigen Umhüllung versehen.

Die erfindungsgemäße Anordnung und Weiterbildung der Kontaktschnüre schafft zugleich die Voraussetzung für eine vorteilhafte Ausbildung des Gesamtaufbaus des erfindungsgemäßen Leistungshalbleiter-Moduls in Richtung auf eine vergleichsweise einfache Fertigung, auch für unterschiedliche Anwendungs- und Einsatzgebiete. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß auf der Grundplatte ein Felder definieren- den Rahmen mittels Zentrierelementen fixierbar ist, wobei mindestens ein Teil der Felder korrespondierende Substrate, die mit Leistungshalbleiter-Chips bestückt sind, aufnimmt.

Diese erfindungsgemäße Ausbildung eines Leistungshalbleiter-Moduls gibt definierte Positionen für die Substrate mit den darauf befindlichen Halbleiter-Chips vor. In Anpassung an verschiedene Bedarfsfälle ist es möglich, sämtliche oder einzelne Felder mit Substraten zu belegen und anschließend zu kontaktieren. Einer Änderung der Werkzeuge für die Herstellung des Rahmens für unterschiedliche Anwendungsfälle bedarf es deshalb nicht. Gleiches gilt für die gemäß der Erfindung weiterhin vorgesehenen Kontaktschienen, die einerseits als Leiter des Stromes, der über die mit Halbleiter-Chips bestückten Substrate fließt, und andererseits als kraftübertragende Elemente dienen. Durch die Vorgabe der Anordnung über die Zentrierelemente, die nach einem anderen Merkmal der Erfindung in der Grundplatte vorgesehene Schraubbolzen sind, wird eine zuverlässige Führung der Einzelteile beim Herstellungsvorgang bewirkt.

Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß an aneinander gegen-

überliegenden Seiten des Rahmens Gegenschienen mit Ausnehmungen für die als Kontaktschienen ausgebildeten Druckelemente vorgesehen sind, und daß die Gegenschienen auf den Zentrierelementen angeordnet sind. Diese erfindungsgemäße Ausbildung definiert eindeutig zum einen die Anordnung dieser Gegenschienen, da sie – mit den entsprechenden Ausnehmungen versehen – einfach auf die Zentrierelemente aufgesteckt werden. Die Gegenschienen ihrerseits weisen Ausnehmungen zur Lagerung der dann senkrecht zu ihnen in der Grundplattenebene anzuordnenden Kontaktschienen auf. Sämtliche der genannten Teile sind so aufeinander abgestimmt, daß es zu einer einwandfreien Kontaktierung der Leistungshalbleiter-Chips durch die eingelegten Kontaktschienen mit ihren Kontaktschnüren kommt.

In Fortführung des Grundgedankens der Erfindung wird die Kontaktierung der Chips sowie die gesamte Herstellung des erfindungsgemäßen Leistungshalbleiter-Moduls verbessert, wenn auf den Zentrierelementen und den Kontaktschienen Druckbügel vorgesehen sind. Die Druckbügel können in etwa in Länge und Breite mit den Gegenschienen übereinstimmen. Durch Aufschrauben von Muttern auf die als Zentrierelemente eingesetzten Schraub- oder Gewindebolzen können somit die Kontaktschienen mit dem erforderlichen Kontaktdruck über die Druckbügel beaufschlagt werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Grundgedankens der Erfindung besteht darin, daß der Rahmen gitterförmig ausgebildet ist und das Gitter des Rahmens einstückig mit ihm ausgebildete Führungen für Hilfskontakte aufweist. Diese sind somit in einem Arbeitsgang zusammen mit dem Rahmen, insbesondere im Wege des Spritzgießens, herstellbar. In die Führungen sind elektrische Kontakte einführbar, die z. B. eine Verbindung mit einer auf dem erfindungsgemäßen Leistungshalbleiter-Modul angeordneten Leiterplatte herstellen, die ihrerseits eine Schnittstelle zu einem Zusatzaggregat, z. B. einem Steuergerät, bildet.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der schematischen Zeichnung und der Patentansprüche. Es zeigen:

Fig. 1 bis 4 die Abfolge des Zusammenbaus wesentlicher Teile eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleiter-Moduls in perspektivischer Darstellung und

Fig. 5 einen Teilschnitt durch den Gegenstand der Fig. 3 gemäß der Schnittebene V-V.

Ein erfindungsgemäßes Leistungshalbleiter-Modul 10 wird im folgenden in der Reihenfolge des Zusammenbaus einer beispielhaften dreiphasigen gesteuerten Brückenschaltung erläutert: Man geht aus von einer Grund- oder Kühlplatte 1 mit Gewindebolzen oder Zentrierelementen 2 nach Fig. 1. Die Grundplatte 1 wird in der Regel gleichzeitig die Grundplatte eines nicht dargestellten Steuergerätes bilden, das weitere, insbesondere elektronische Baugruppen aufnehmen und in fertiggestellter Bauform durch weitere Gehäuseteile verschlossen werden kann. Die typischerweise metallische Grundplatte 1 kann gekühlt werden, z. B. durch Anströmen von nicht gezeigten Kühlrippen mit Luft oder Durchströmen ebenfalls nicht speziell dargestellter integrierter Kanäle mit Kühlflüssigkeit. Bei Bedarf kann auf der Grundplatte 1 im Bereich zwischen den Gewindebolzen 2 ein den Wärmeübergang zu den in einem späteren Montageschritt anzupressenden Substraten verbesserndes Medium – z. B. Wärmeleitpaste – aufgetragen werden.

Fig. 1 zeigt weiterhin einen auf die Grundplatte 1 aufgesetzten Rahmen oder Gehäuserahmen 3. Er wird, wie unten erläutert, im montierten Zustand des Leistungshalbleiter-Moduls an die Grundplatte 1 angepreßt. Er dient zum Schutz

der Leistungshalbleiter-Chips, indem er die auf diese aufgetragene Vergußmasse am Wegfließen hindert, sowie der Führung von im folgenden aufgeführten Bauteilen während und teilweise nach der Montage. Dies bedeutet, daß an den Gehäuserahmen 3 keine besonderen Anforderungen hinsichtlich der Aufnahme von Kräften bestehen, so daß er als kostengünstiges dünnwandiges Kunststoffteil, z. B. aus einem Duroplast, ausgeführt werden kann.

Wie sich ebenfalls u. a. aus Fig. 1 ergibt, weist der Rahmen 3 einen umlaufenden Randteil 4 aus einem rechtwinkligen Winkelprofil auf; weiterhin einen Längssteg 5 und Querstege 6, die ein Gitter bilden, welches einzelne Felder 7 definiert. Am Längssteg 5 sind einstückig mit ihm ausgebildete Führungen 8 für Hilfskontakte vorgesehen. Sie weisen Ausnehmungen 9 auf, in die diese Hilfskontakte eingeführt werden, die z. B. zur Übertragung von Steuersignalen zu einer auf dem Modul noch vorzusehenden Leiterplatte (nicht gezeigt) dienen. Der Rahmen 3 weist an seinem auf der Grundplatte 1 aufliegenden Schenkel 19, der rechtwinklig zum Randteil 4 vorgesehen ist, zu den Zentrierelemente 2 korrespondierende Öffnungen auf, so daß er auf die Grundplatte 1 aufgelegt werden kann und dort in der Ebene der Grundplatte 1 festgelegt ist.

In Fig. 2 ist gezeigt, wie Substrate 13 in die Felder 7 des Gehäuserahmens 3 eingelegt sind. Es handelt sich um DCB-Substrate, wie bekannt, auf denen die Leistungshalbleiter-Chips angeordnet sind. Man erkennt, daß die Möglichkeit besteht, Substrate 13 mit verschiedenen Chipbestückungen – dargestellt sind größere Chips 11 und kleinere Chips 12 – ohne weitere konstruktive Änderungen am Aufbau des Rahmens 3 zu verwenden. Hohe Effizienz des Fertigungsverfahren wird erreicht, indem identische Substrate für alle Schalter verwendet werden. Die belöteten und drahtbondierten Substrate 13 können während ihres Fertigungsverfahrens bereits auf Fehler kontrolliert werden, so daß der Einbau defekter Komponenten in das Leistungshalbleiter-Modul 10 auszuschließen ist. Auch können, wie gezeigt, mehrere Substrate 13 parallel geschaltet werden, um einen Leistungsschalter mit höherer Chipzahl, als wirtschaftlich auf einem Substrat realisiert werden kann, aufzubauen: Die gezeigte Anordnung der Dreiphasen-Brücke bestehend aus sechs Schaltern ist mit zwölf Substraten, mithin also deren zwei pro Schalter, realisiert. Die Substrate 13 entsprechen in ihren Abmessungen denen der Felder 7, so daß sie während der Montage durch das Gitter des Rahmens zuverlässig gehalten sind.

Weiterhin werden, wie besonders in Fig. 2 gezeigt ist, Gegenschienen 14 auf die Gewindebolzen 2 gesteckt. Deren Aufgabe besteht auch in der Führung der im nächsten Montageschritt einzusetzenden Kontaktschienen 15, siehe Fig. 3. Zur Aufnahme der Kontaktschienen 15 und eindeutigen Fixierung sind die Gegenschienen 14 mit Ausnehmungen 16 versehen, deren Querschnitt dem der Kontaktschienen 15 entspricht. Beim gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Ausnehmungen 16 und die Kontaktschienen 15 so bemessen, daß sie an der Oberkante, also im Bereich des Austritts der Gewindebolzen 2 aus den Gegenschienen, bündig mit der Oberkante des Randteils des Rahmens 3 abschließen.

In Fig. 5 ist ein Querschnitt einer Kontaktschiene 15, von Kontaktschnüren 17 sowie der damit kontaktierten Substrate 13 dargestellt. Ziel beim Andrücken der Substrate 13 mittels dieses Aufbaus ist einerseits der elektrische Anschluß, andererseits der möglichst flächige Andruck der Substrate 13 an die wärmeableitende Grundplatte 1 zur thermischen Kopplung. Vorteilhaft ausgeführte Kontaktschnüre bestehen aus einem Kern 20 aus elastischem Material, z. B. Silikon-
gummi, der von einer leitfähigen und flexiblen, jedoch nicht notwendigerweise elastischen Umhüllung 21 umgeben ist,

z. B. Kupferdrahtgeflecht. Auf diese Weise erreicht man eine Entkopplung der Funktionen flächiger Druck – der von dem insbesondere hinreichend hitzebeständigen Elastomerkern aufgebracht wird –, und elektrische Kontaktierung, die mit möglichst geringem Widerstand sowie hoher Lebensdauer auch bei thermisch-mechanischen Zyklen ausgeführt ist.

In Fig. 5 ist die Kontaktschnur 17 mit ihrer Umhüllung 21 im unkomprimierten Zustand zwischen der Kontaktschiene 15 und dem Substrat 13 eingezeichnet, um die bei Endmontage entstehende Kompression der in der Darstellung überlappenden Bereiche anzudeuten. Tatsächlich liegen im montierten Zustand die Kontaktschnüre 17 an dem Profil 30 der Kontaktschienen 15 an sowie flach auf. Eine mögliche längerfristige Beeinträchtigung der Chips 11, 12 durch Verunreinigung des später einzubringenden Vergusses durch das Material der Kontaktschnüre 17 kann ausgeschlossen werden, wenn man hierfür ein Elastomer-Material, z. B. auf Silikon-Basis, wie Silikongummi, wählt.

Wie sich aus Fig. 5 weiter ergibt, sind die Chips 11, 12 über eine Lotschicht 22 mit dem Substrat 13 verbunden, das eine elektrische leitfähige Kupferschicht 25 aufweist. Die Schicht 24 gibt eine Wärmeleitpaste 24 wieder, die zwischen Substrat 13 und der Grund- oder Kühlplatte 1 vorhanden ist.

Vorzugsweise sind zwei Kontaktschnüre 17 pro Kontaktschiene 15 vorhanden. Sie erstrecken sich im wesentlichen über die Länge der Kontaktschienen 15, in denen weitere Ausnehmungen 23 vorgesehen sind. Sie können zur Befestigung einer das erfindungsgemäße Leistungshalbleiter-Modul abdeckenden Leiterplatte herangezogen werden.

Vorteilhaft beim erfindungsgemäßen Aufbau wirkt sich ferner die erwähnte Führung der Kontaktschienen 15 in den Gegenschienen 14 aus. Wenn Druckbügel 18 auf die Gewindebolzen 2 gelegt werden, wie in Fig. 4 dargestellt, so ergibt sich durch das Zusammenpressen von Druckbügel 18 und Gegenschienen 14 auf Anschlag mittels auf die Gewindebolzen 2 aufgeschraubter Muttern ein konstanter Anpreßdruck unabhängig vom genauen Drehmoment beim Festschrauben, was die Varianz relevanter Produkteigenschaften wie elektrische und thermische Kopplung der Leistungshalbleiter minimiert.

Die in Fig. 3 und Fig. 4 gezeigten Gate-Kontaktfedern dienen dem elektrischen Anschluß von bei steuerbaren Schaltern benötigten Ansteuerpotentialen. Sie werden nicht mit größeren Strömen belastet. Zu ihrer Aufnahme sind mechanische Führungen 8 im Gehäuserahmen vorgesehen, die ein seitliches Wegrutschen verhindern, ansonsten aber keine mechanischen Kräfte aufnehmen.

Auf den in Fig. 4 gezeigten Aufbau des Leistungshalbleiter-Moduls 10 kann in nun folgenden Montageschritten des Steuergerätes in einfacher Weise beispielsweise eine Leiterplatte befestigt werden, was typischerweise durch Anschrauben unter Verwendung der Ausnehmungen 23, die als Gewindebohrungen ausgeführt sein können, geschieht. Diese Leiterplatte kann auf ihrer den Kontaktschienen zugewandten Seite Kontaktflächen aufweisen, die die Kontaktschienen auf ihrer in Fig. 4 sichtbaren Oberfläche, die die Ausnehmungen 23 enthält, durch den Druck des Anschraubens flächig und damit mit hoher Stromtragfähigkeit kontaktieren. Auf der Leiterplatte können beispielsweise zwischen dem positiven und negativen elektrischen Potential des Zwischenkreises Kondensatoren angeordnet sein, wie sie typischerweise bei Spannungszwischenkreisumrichtern eingesetzt werden. Der erfindungsgemäße Aufbau weist hierbei den besonderen Vorteil auf, daß sich die Kondensatoren in unmittelbarer räumlicher Nähe der Halbleiter-Chips befinden, was als niederinduktiver Aufbau insbesondere zur

Optimierung des Schaltverhaltens der Halbleiter-Chips beiträgt. Der äußere Anschluß des Leistungshalbleiter-Moduls, beispielsweise zur externen Spannungsversorgung sowie dem Verbraucher, typischerweise einer elektrischen Maschine, kann analog zur Befestigung der Leiterplatte unter Verwendung der bereits erwähnten Schraubverbindungen, die die Ausnehmungen 23 nutzen, erfolgen. Die Ansteuerpotentiale werden wie erwähnt mittels Kontaktfedern von den Substraten 13 abgenommen. Befestigt man in der beschriebenen Weise eine Leiterplatte auf dem Leistungshalbleiter-Modul, so können diese Kontaktfedern die Ansteuerpotentiale auf an entsprechenden Stellen auf der Leiterplatte angeordnete metallisierte Felder übertragen. Diese Kontaktierung erfolgt ohne zusätzliche Arbeitsgänge während der beschriebenen Anbringung der Leiterplatte. Die Kontaktierung mittels Federn ist für die Ansteuerpotentiale als ausreichend zu erachten, da die fließenden Ströme im Vergleich zum Leistungskreis, der wie erläutert über die Kontaktschienen angeschlossen wird, klein sind. Auf der Leiterplatte wird man die Gate-Treiber anordnen, welche sich somit wiederum in unmittelbarer Nähe der Halbleiter-Chips befinden. Dies ist sowohl montagetechnisch als auch hinsichtlich des elektrischen Verhaltens vorteilhaft. Die Anordnung der einzelnen im vorigen beschriebenen Komponenten ergibt sich aus der Anschlußfolge des erfindungsgemäßen Leistungshalbleiter-Moduls, nämlich im in Fig. 4 dargestellten Fall $L_+, G_1, L_1, G_2, L_2, G_3, L_3, G_4, L_4, G_5, L_5, G_6, L_6$, wenn man das übliche Bezeichnungsschema für dreiphasige gesteuerte Brücken zugrunde legt. Die Druckbügel 18 können als führende Montagehilfe bei Montage der Leiterplatte dienen. Als Maßnahme zur zusätzlichen Qualitätsverbesserung und Kostensenkung läßt sich ein solchermaßen montiertes Leistungshalbleiter-Modul 10 bereits vollständig testen, so daß im Bedarfsfalle noch Komponenten, insbesondere Substrate 13, ausgewechselt werden können. Andernfalls wird man mit teilweise oder vollständigen Vergießen des Leistungshalbleitermoduls 10 und Montage der weiteren Komponenten des Steuergerätes fortfahren, dessen Teil es bilden kann. Neben dem Rahmen 3 können auch die Gegenschienen 14 und Druckbügel 18 aus preiswerten Duroplasten hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Leistungshalbleiter-Modul (10) mit einer Grundplatte (1), auf der mindestens ein mit Leistungshalbleiter-Chips (11, 12) bestücktes Substrat (13) angeordnet ist, das über Druckelemente an die Grundplatte (1) andrückbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckelemente elastische und leitfähige Kontaktschnüre (17) aufweisen, welche zwischen Kontaktschienen (15) und den Substraten (13) angeordnet sind.
2. Leistungshalbleiter-Modul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschnüre (17) einen elastischen Kern (20) und eine elektrisch leitfähige Umhüllung (21) aufweisen.
3. Leistungshalbleiter-Modul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschienen (15) an einer die Kontaktschnüre (17) kontaktierenden Fläche mit einem diesen angepaßten Profil versehen sind.
4. Leistungshalbleitermodul nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Grundplatte (1) ein Felder (7) definierender Rahmen (3) mittels Zentrierelementen (2) fixierbar ist, wobei mindestens ein Teil der Felder (7) korrespondierende Substrate (13), die mit Leistungshalbleiter-Chips (11, 12) bestückt sind, aufnimmt.
5. Leistungshalbleitermodul nach mindestens einem

der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an einander gegenüberliegenden Seiten des Rahmens (3) Gegenschienen (14) mit Ausnehmungen (16) für die als Kontaktschienen (15) ausgebildeten Druckelemente vorgesehen sind, und daß die Gegenschienen (14) auf den Zentrierelementen (2) angeordnet sind.

6. Leistungshalbleitermodul nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentrierelemente Gewindebolzen (2) sind.

7. Leistungshalbleitermodul nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gitter des Rahmens (3) einstückig mit ihm ausgebildete Führungen (8) für Hilfskontakte aufweist, wobei die Hilfskontakte elektrische Verbindungen zu mindestens einer auf den Kontaktschienen (15) angebrachten Leiterplatte herstellen.

8. Leistungshalbleitermodul nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Gegenschienen (14) Druckbügel (18) vorgesehen sind, die die Kontaktschienen (15) niederhalten und über die Zentrierelemente (2) geführt werden.

9. Leistungshalbleitermodul nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rahmen (3) gitterförmig ausgebildet und mit hochgezogenen Seiten versehen ist.

10. Leistungshalbleitermodul nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschienen (15) Einrichtungen, wie Gewindebohrungen (23), aufweisen zum Anschluß der den Laststrom führenden äußeren elektrischen Verbindungen des Leistungshalbleiter-Moduls sowie zur flächigen Kontaktierung mindestens einer Leiterplatte, die mit Bauelementen des Leistungsteils bestückt ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

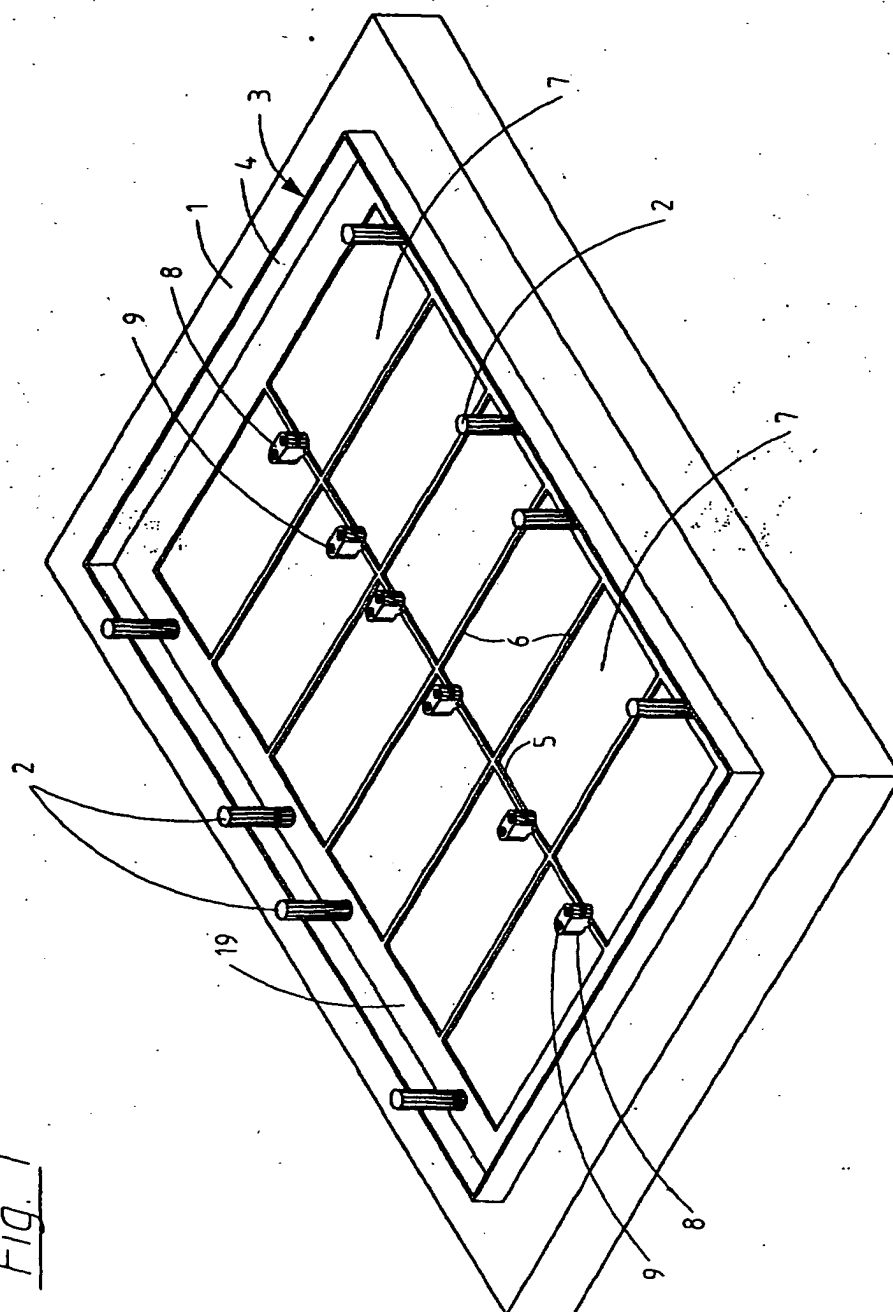


Fig. 1

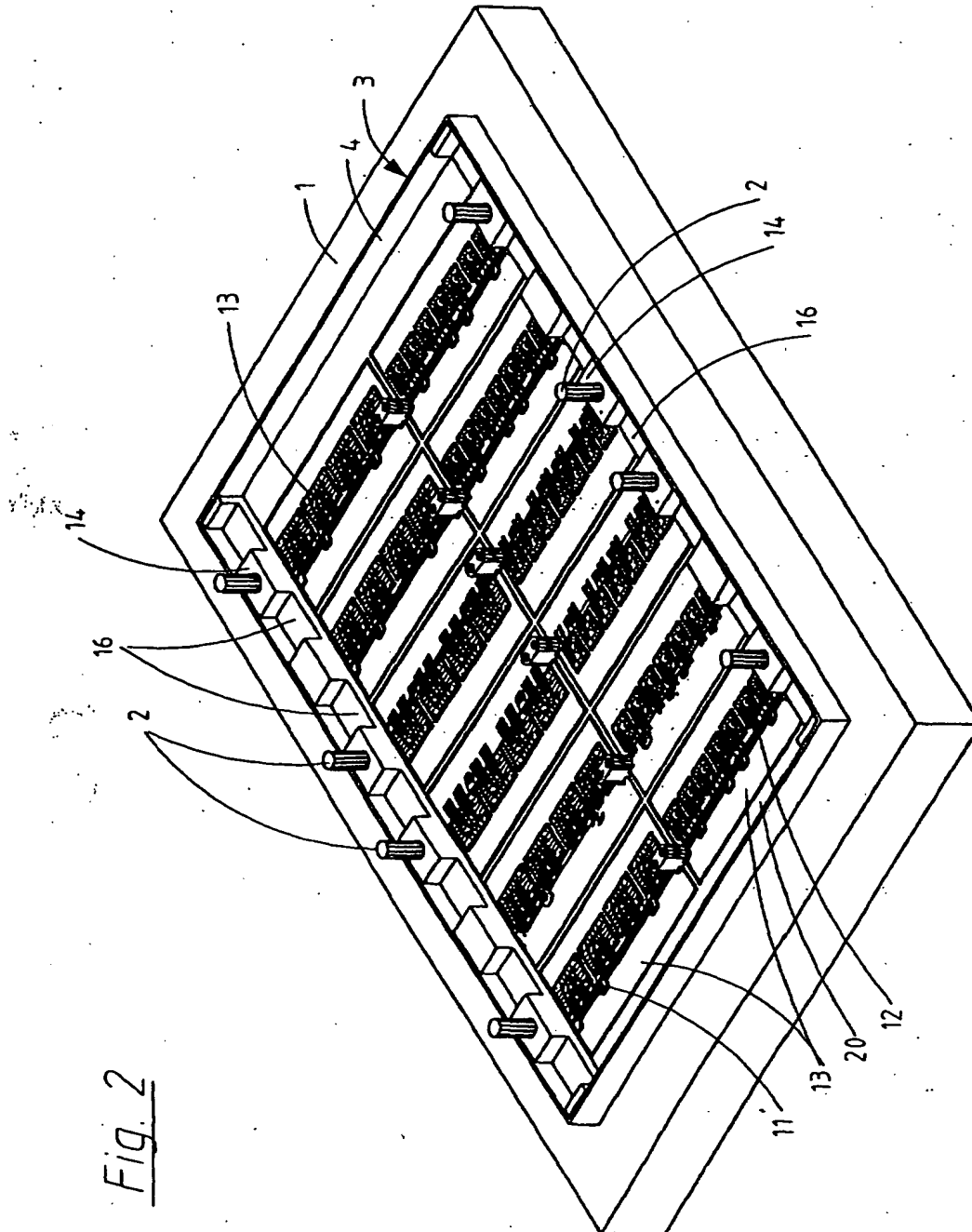


Fig. 2

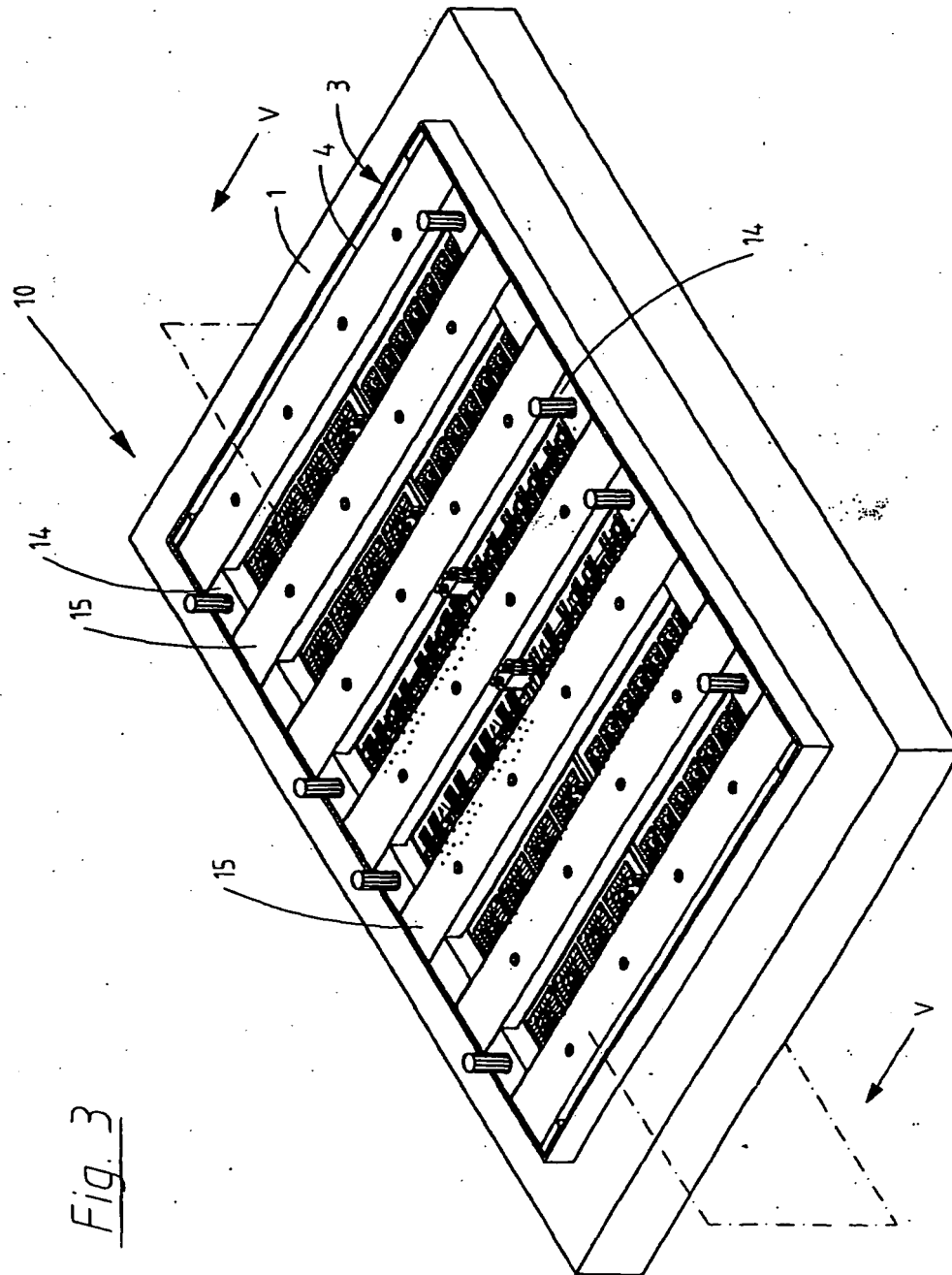


Fig. 3

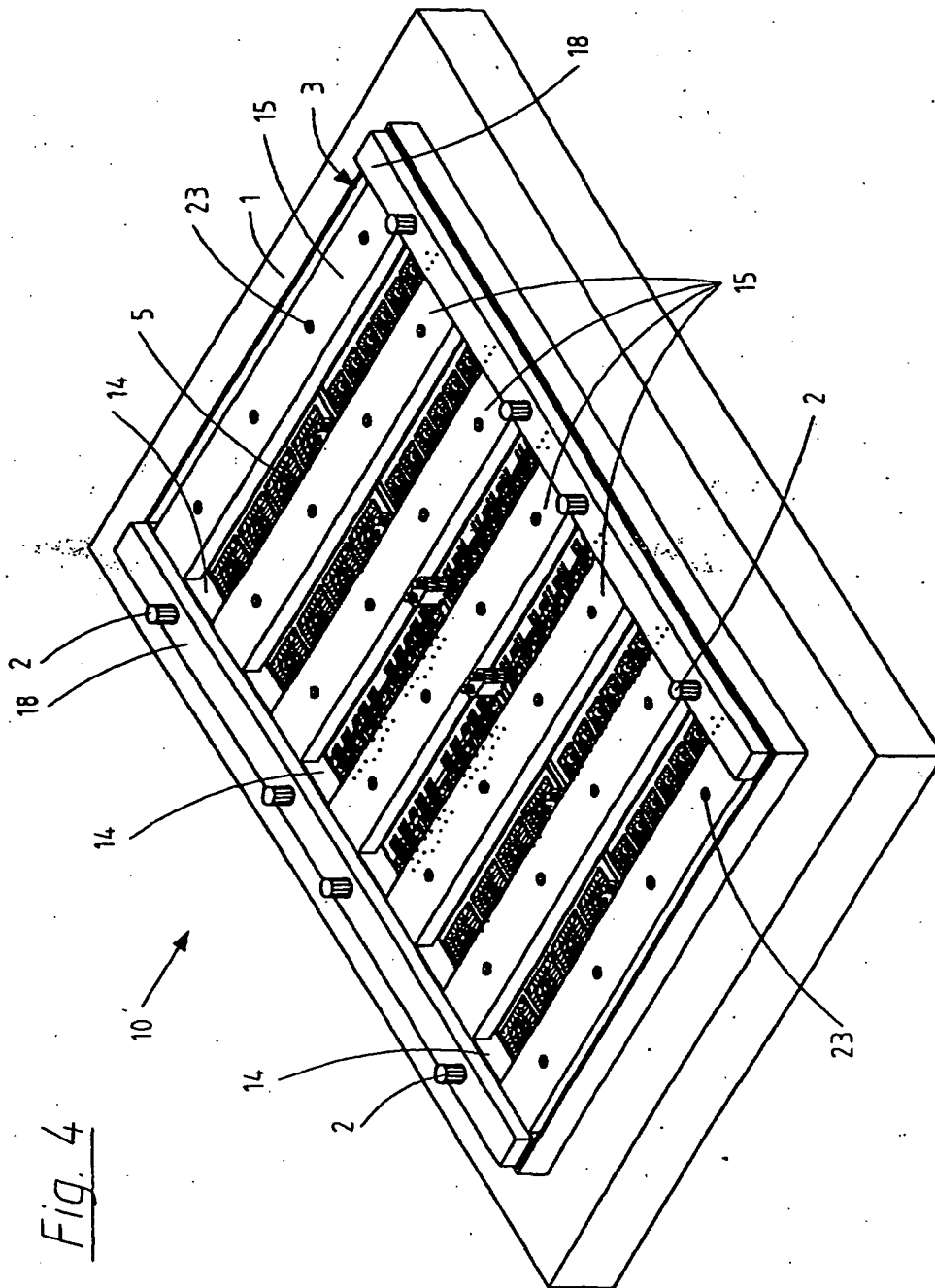


Fig. 4

Fig. 5

